

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění

Využití vysokotlakého chlazení při tvorbě třísky

Usage of High-pressure Cooling at chip Formation

Student:

Bc. Preč Rostislav

Vedoucí diplomové práce :

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2009

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Podpis studenta

Chtěl bych poděkovat všem, kteří mi pomohli s přípravou této diplomové práce. Zejména mé velké díky patří Doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za odborné vedení mé diplomové práce, dále pak Ing. Martinovi Bielikovi, technologovi obrábění ve firmě Honeywell Aerospace Olomouc, za zprostředkování cenných informací.

Prohlašuji, že:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.
- souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě.....

.....

Plné jméno diplomanta

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PREČ, R: *Využití vysokotlakého chlazení při tvorbě třísky*

Ostrava: Katedra obrábění a montáže, Fakulta strojní VŠB
Technická univerzita Ostrava, 2009, 61s.

Diplomová práce, vedoucí: doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Diplomová práce se zabývá využitím vysokotlakého chlazení při tvorbě třísky. Skládá se z rozboru původního soustružení s použitím záplavového chlazení a dnes naprosté novinky vysokotlakého chlazení, neboli Jetstream Tooling. Soustružení se provádí na materiálech Inconel 718 a Inconel 625. Ve své úvodní části obecně charakterizuje daný problém. Ve své další části popisuje výběr vhodného chlazení pro konkrétní součást. Na závěr je vyhodnocení experimentů a technicko-ekonomické zhodnocení.

ANNOTATION OF THESES

PREČ, R: *Usage of High-pressure Cooling at Chip Formation*

Ostrava: Department of Cutting and Assembly , Faculty of
Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava,
2009, 61p. Theses, head: Doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

This thesis deals with the utilization of high-pressure cooling for making a sprinter. It comprises of an analysis of lathe – turning using the high-volumetric cooling and an absolute recent innovation, the high-pressure cooling, also called Jetstream Tooling. The lathe – turning is done on the materials Inconel 718 and Inconel 625. There is a general characteristics of this problem in the preamble. Next, the thesis describes the selection of convenient cooling for a particular component part. The estimation of experiments and technical economic evaluation is included in the end of this thesis.

Obsah diplomové práce:

ÚVOD	12
1. OBECHNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU	16
1.1 Teorie obrábění.....	17
1.1.1 Vliv nástrojových materiálů na řezné rychlosti při obrábění	17
2. PROBLEMATIKA TVAROVÁNÍ TŘÍSKY.....	20
2.1 Metody výzkumu tvorby třísky.....	20
2.2 Mikroskopické pozorování	21
2.3 MIKROSKOPICKÉ STUDIUM UKONČENÝCH ZMĚN.....	21
2.3.1 Textura třísky.....	22
2.3.2 Mikrotvrdost	22
2.3.3 Fázové změny	22
2.7 TEORETICKO-ANALYTICKÝ VÝZKUM TT	23
2.7.1 Oblasti PD v kořeni třísky.....	23
2.7.2 Druhy třísek	24
2.8 VÝPOČTOVÉ MODELY S JEDNOU STŘIŽNOU ROVINOU	26
2.8.1 Určení úhlu střížné roviny z minima relativního posunutí γ ..	26
2.8.2 Stanovené úhlu střížné roviny z minima hlavní složky řezné síly F_c	28
2.9 Řešení problémů s utvářením třísky.....	30
2.9.1 Soustružení povrchu	31
3. NÁVRH PROGRESIVNÍ METODY TVAROVÁNÍ TŘÍSKY PRO KONKRÉTNÍ VÝROBU	34
3.1 Aktuální stav obrábění ve firmě Honeywell.....	34
3.2 Navrhovaný stav obrábění ve firmě Honeywell.....	36
JETSTREAM TOOLING	36
4. DISKUSE EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ.....	43
5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	47
Shrnutí:	49
6. ZÁVĚR.....	52
Seznam použité literatury:.....	54

Seznam příloh	56
PŘÍLOHY	57

Seznam označení

RO	Rychlořezná ocel [-]
SK	Slinutý karbid [-]
CNC	Počítačem číslicově řízený stroj[-]
a_p -	záběr (hloubka záběru) [mm]
a_t -	tloušťka třísky [mm]
b -	šířka záběru [mm]
ED -	oblast pružných (elastických) deformací
I.PD -	oblast primární plastické deformace (PPD)
II.PD -	oblast sekundární plastické deformace (SPD)
PD OP -	oblast PD obrobeného povrchu (dříve oblast II. PD)
M'O -	počátek ED
MO -	počátek I. PD (též PPD)
NO -	konečná hranice I.PD
MN -	vnější hranice I.PD
OP -	oblast kontaktu třísky s čelem nástroje (SPD)
OS -	oblast kontaktu obráběné plochy s hřbetem nástroje (PDOP)
Pr,f,p,s,o,n	Nástrojová rovina základní, boční, zadní, ostří ortogonální a normální [-]
τ	Úhel sklonu ostří [°]
$\gamma_{0, f, p, n}$	Nástrojové úhly čela v rovině ortogonální, boční, zadní a normální [°]
$A\alpha, A'\alpha$	Hlavní, respektive vedlejší hřbet nástroje [-]
$A\alpha$	hřbet nástroje [-]
$A\gamma$	Čelo nástroje [-]
S, S'	Hlavní, respektive vedlejší ostří [-]
ŘN	řezný nástroj
TT	tvoření třísky
CM	cermet
Fc-	hlavní složka řezné síly [N]
Fp-	přisunová složka řezné síly [N]

F_t -	třecí síla na čele nástroje [N]
F_n -	normálová složka na ploše styku třísky s čelem RN [N]
F_s -	smyková síla ve střížné rovině [N]
R -	výsledná řezná síla [N]
A_o -	průřez řezu
A_t -	průřez odcházející třísky
A_s -	průřez plochy střížné roviny
v_c -	řezná rychlost [m/min]
v_t -	rychlost odchodu třísky [m/min]
γ -	ortogonální úhel čela [°]
α_o -	ortogonální úhel břitu [°]
μ -	třecí úhel [°]
φ -	úhel střížné roviny
τ -	smykové napětí ve střížné rovině [°]
ω -	úhel mezi vektorem F_c a vektorem výsledným [°]
	$R \rightarrow \omega = \mu - \gamma$
BB1	dokončování
BB2	lehké obrábění
BB3	střední obrábění
HRC	tvrdost podle Rockwella

ÚVOD

Vysokotlaké chlazení je chlazení, které přivádí chladicí kapalinu přímo do místa řezu pod vysokým až velmi vysokým tlakem (15-150 barů). Tato chladicí kapalina se dostává přímo do místa řezu, tím snižuje tření a ohřívání nástroje a pozitivně působí na lámání třísky. Ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc se jedná o obrábění leteckých dílců z materiálů Inconel 718 a Inconel 625.

Stávající typ chlazení je nahrazován novějším. Zvyšuje se tak produktivita CNC stroje, zlepšuje se třískové hospodářství a kvalita výrobků. Tím se zmenšuje nejakost.

Pro porovnání chladicích systémů jsem použil propagační materiály a informace z webových stránek těchto firem, dále jsem využil poznatků získaných v praxi ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc. Tyto údaje jsem analyzoval a shrnul.

Jak jsem již uvedl při psaní své diplomové práce spolupracuji s firmou Honeywell Aerospace Olomouc, která sídlí v Hlubočkách – Mariánském Údolí. Je to přidružená společnost nadnárodní společnosti Honeywell International Inc.

[1]

Honeywell Aerospace Olomouc s.r.o. se sídlem v Hlubočkách – Mariánském Údolí u Olomouce je součástí nadnárodní společnosti Honeywell, Inc. se sídlem v USA – Phoenix, Arizona. Zabývá se výrobou a opravou plechových a žárových dílů leteckých turbínových motorů z nerezavějících ocelí a speciálních slitin (hliníkových, niklových, kobaltových a titanových). Dodává je pro většinu motorů a energetických jednotek společnosti Honeywell. Tyto komponenty tak

naleznete v mnoha dopravních letadlech typu Boeing a Airbus, v obchodních letadlech typu Dassault Falcon, Cessna Citation a Learjet, stejně jako v helikoptérech a dalších letadlech.

V současné době zaměstnává více než 850 zaměstnanců. Tržby rostou od akvizice firmou Honeywell ročně o 20 – 30 % a v roce 2005 překročily hodnotu 1 mld Kč/rok. Současně od akvizice překročily investice do strojního a jiného vybavení firmy více jak 600 mil. Kč. Velká pozornost je rovněž věnována zlepšování pracovního prostředí, vybavení pracovišť, ochraně zdraví, bezpečnosti práce a ochraně životního prostředí.

Je dynamicky se rozvíjející společnost, která nabízí pracovní příležitosti pro každého. Uplatnění zde najdou jak absolventi bez praxe, tak i kvalifikovaní odborníci zejména z oblasti strojírenství. Spokojenost zaměstnanců a jejich profesní růst patří mezi priority vedení společnosti. Jedním z našich hlavních cílů je stát se nejvyhledávanějším zaměstnavatelem pro špičkové odborníky. Naším zaměstnancům proto nabízíme například studium anglického jazyka, možnost navštěvovat vzdělávací kurzy a rozvíjet své odborné znalosti a dovednosti. Setkáte se u nás s jedinečnými technologiemi, jejichž znalost přispěje k vašemu dalšímu profesnímu rozvoji. Pomáháme zaměstnancům, aby si kladli ambiciózní cíle a povzbuzujeme je, aby rozvíjeli svůj talent a schopnosti.

Historie společnosti

1951 založena Mora-Moravia Aero na výrobu dílů pro MIG

1960 začátek výroby pro L- 29

1973 začátek výroby pro motor M601

1993 začátek výroby alternativních produktů

1993 vyroben první usměrňovač vzduchu pro AlliedSignal

1996 podepsána dlouhodobá smlouva s Allied Signal

2000 založena Mora Aerospace
2002 akvizice firmou Honeywell
2003 certifikace jako opravná stanice dle FAA
2008 změna jména na Honeywell Aerospace Olomouc

Oblasti působení

Výroba komplexních plechových dílů pro proudové motory
Opravy statických dílů leteckých motorů

Výrobky

Plamencové detaily
Plamence
Usměrňovače proudu vzduchu
Difuzory
Vnitřní a vnější čelní stěny plamenců
Tepelné štíty a síta
Výfukové roury, směšovače
Svařované sestavy
Generální opravy

Klíčové procesy

Tváření plechů – konvenční, hydroform
Obrábění kovů – soustružení, frézování, vrtání (jak manuální tak CNC)
Svařování – TIG, EB, odporové
Plazmové nanášení speciálních práškových materiálů
Vakuové tepelné zpracování
Vakuové pájení za vysokých teplot – niklová, stříbrná a měděná pájka
EDM – elektrojiskrové obrábění (drátovky, hloubičky)
Laserové obrábění a vrtání (5-ti osé)

Stříhání vodním paprskem

Galvanické a chemické procesy – niklování, anodizace, povrchová aktivace

Nedestruktivní testování – FPI, rentgen
tlakové a proudové testy

Certifikáty/Audity

AS 9100

EASA Part 145, EASA Part 21

FAR 145

45 certifikátů na speciální procesy

1. OBECHNÁ CHARAKTERISTIKA DANÉHO PROBLÉMU

[1], [2], [6]

V předkládané práci ze zabývám srovnáváním systémů vysokotlakého chlazení Jetstream Tooling a záplavového chlazení. Oba tyto způsoby chlazení používají ve firmě Honeywell Aerospace Olomouc, kde obrábí materiály vysoce legované a žárupevné.

Hlavně materiály Inconel 625, Inconel 712, Inconel 925 které mají chemické složení tab.1:

Tab.1

hm.%	C	Ni	Cr	Mo	Fe	Nb	Ti
625	<0,01	60,93	20,85	7,70	6,30	3,54	0,18
718	0,02	55,96	17,00	2,90	16,30	5,20	0,98
925	0,03	38,95	20,05	2,35	33,48	0,35	2,07

Oba tyto typy chlazení se provádí na CNC strojích, konkrétně na obráběcích centrech obr. 1, další typ obráběcího centra viz příloha č.1.

Problematika vysokotlakého chlazení je značně obtížná, protože se musí brát velké ohledy na použité stroje a nástroje. Velkou roli hraje také ekonomické hledisko – z tohoto důvodu je důležité najít optimální řešení. Proto si v práci pro detailnější popis vybírám systém chlazení Jetstream Tooling.



obr.1

1.1 Teorie obrábění

[8]

Teorie obrábění je soustava poznatků a zákonů, jimiž se musí řídit všechny procesy obrábění a které jsou stanoveny na základě analýzy mechanických a chemicko-fyzikálních dějů, doprovázejících proces obrábění.

1.1.1 Vliv nástrojových materiálů na řezné rychlosti při obrábění

[8]

Při zavedení vědecko-výzkumného poznání teorie obrábění (dále jen TO) do výrobní praxe lze považovat růst výkonnosti nástrojových materiálů (dále jen NM), který dobře vyjadřují maximální použité řezné rychlosti při obrábění oceli.

NÁSTROJOVÉ MATERIÁLY

- | | |
|--|-------------------------|
| • UHLÍKOVÁ OCEL | (2 – 4 m/min) |
| • RO – r. 1898 | (20 - 30 m/min) |
| • SK – r. 1925 | (60 – 200 m/min) |
| • CM 50 léta | (600 m/min) a více |
| • SBN a SD + D - 70 léta | (až 1000 m/min – mosaz) |
| • Si ₃ N ₄ - 80 léta | (až 400 m/min) |

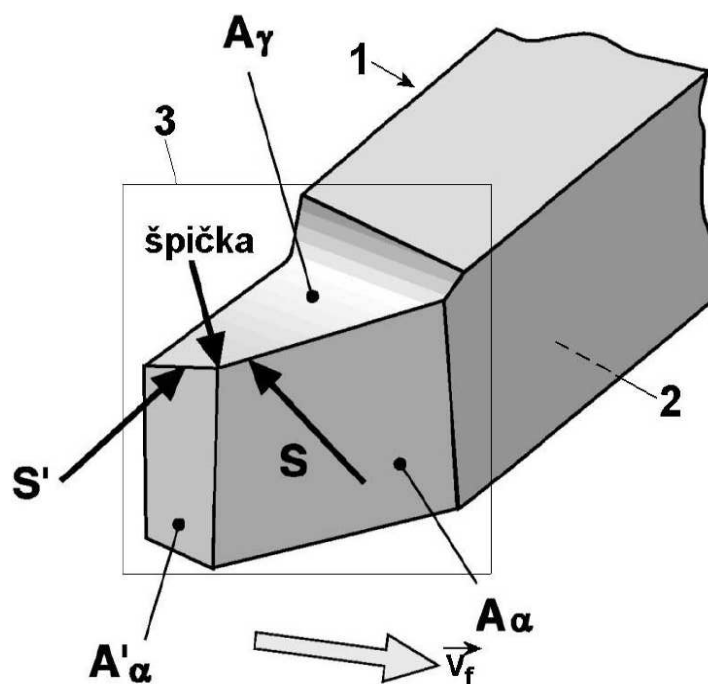
Klasifikace způsobů obrábění

[8]

Základní geometrie řezného nástroje (dále jen ŘN)

ŘN pro obrábění jsou charakterizovány tvarem, velikostí a počtem břitů. Břit je klínovitá část nástroje, která je tvořena dvěma plochami – čelem a hřbetem. (obr.3). Ostří se charakterizuje jako průnik těchto dvou ploch.

Čelo ŘN je plocha, po které klouže tříska při řezání z místa řezu. Hřbet ŘN je plocha přiléhající k obrobené ploše.



obr.3

Řezná část – funkční část nástroje, která obsahuje prvky tvořící třísku (3).

Upínací část (stopka) – část nástroje, která slouží k upínání do obráběcího stroje (1).

Základna – plochý prvek stopky nástroje, sloužící pro umístění a orientaci nástroje při výrobě, kontrole a ostření. Ne všechny nástroje mají jednoznačně určenou základnu (2).

Břit – prvek řezné části nástroje ohraničený čelem a hřbetem (průnikem).

A_y – čelo nástroje – plocha nebo souhrn ploch po které odchází tříska.

A_a – hřbet nástroje – plocha nebo souhrn ploch, která je přikloněna k přechodové ploše (hlavní ostří) nebo k obrobené ploše (vedlejší ostří).

Utvářeč třísky – část čelní plochy určená k lámání nebo svinování třísky. Mohou být vylisovány nebo přiloženy na čelo nástroje.

Ostří – prvek řezné části, kterým se realizuje vlastní proces řezání. Je průsečnicí hřbetu a čela.

S – hlavní ostří – část ostří, která má sloužit k vytvoření přechodové plochy na obrobku.

S' – vedlejší ostří – provádí dokončovací práci na obrobené ploše, ale nevytváří plochu přechodovou.

Uvažovaný bod ostří – bod nacházející se v kterémkoliv místě hlavního nebo vedlejšího ostří, ve kterém je umístěn počátek souřadnicového systému.

2. PROBLEMATIKA TVAROVÁNÍ TŘÍSKY

2.1 Metody výzkumu tvorby třísky

[8]

Pozorování přímo probíhajících změn je velmi obtížné. Důvodem je situace v třísce a na břitě řezného nástroje obr.4. Hlavní překážkou je velmi vysoká deformační rychlost v oblasti primární plastické deformace (dále jen PPD) a sekundární plastické deformace (dále jen SPD), která je spojena s vysokou posunovou rychlostí jednotlivých částic. Vysoký stupeň plastické deformace (dále jen PD) je další překážkou. Samotná zrna kovů jsou zcela změněna při průchodu oblastí PD. Také je velice závažnou překážkou neobyčejně vysoká rychlost ohřevu deformovaného objemu kovu.

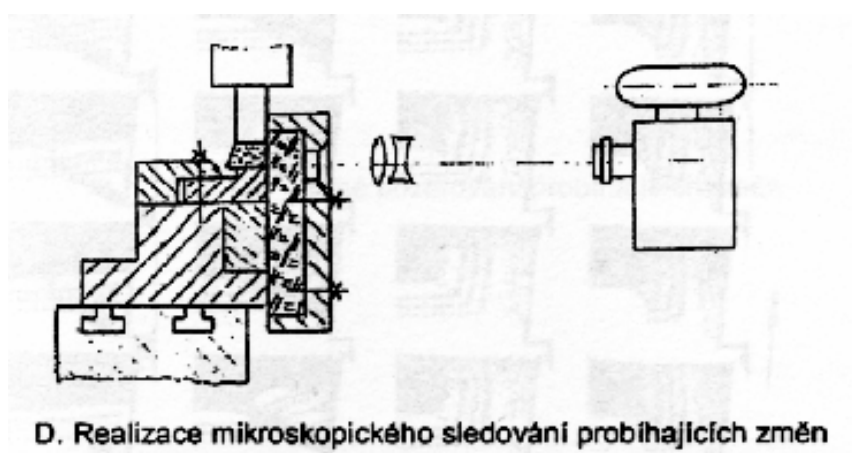


obr.4

2.2 Mikroskopické pozorování

[8]

Přímé pozorování mikroskopických změn je mnohem obtížnější a vyžaduje náročnější přípravu, než bylo u makroskopického pozorování. Realizace je možná jen za zjednodušujících předpokladů a to při velmi nízkých řezných rychlostech. Celkové uspořádání snímacího systému nám ukazuje základní náčrt zkušebního zařízení viz. obr.5.



obr.5

2.3 MIKROSKOPICKÉ STUDIUM UKONČENÝCH ZMĚN

[8]

Nejrozšířenější metodou, používanou při výzkumu mikroskopických změn v kořeni třísky je studium v jejich ukončeném stavu. Zpravidla se zkoumají fázové změny, změny struktury na texturu a dále narůstání mikrotvrdosti. Aby mohla být zkoumána, musí být získán kořen třísky okamžitým zastavením procesu řezání, tak aby nedošlo k ovlivnění děje spojeného s přerušením řezání.

2.3.1 Textura třísky

[8]

Při začátku dotyku ŘN s oddělovaným kovem obrobku tlak čela vyvolává PD v určitém objemu materiálu, která se nazývá, primární zóna. Ten se liší od ostatního nedeformovaného materiálu zřetelnou hranicí. Poloha této hranice se převážně označuje úhlem φ a zároveň představuje úhel střižné roviny. Lze předpokládat, že v této rovině se materiál vlivem smykových sil deformuje a vzniká třísky. Tato deformace způsobuje, že se chaotická struktura mění na výrazně uspořádanou texturu ve směru působících smykových napětí pod úhlem β_1 . Tento úhel označujeme jako měrný úhel textury.

2.3.2 Mikrotvrdost

[8]

Nerovnoměrnost rozložení napětí v PPD lze velmi obtížně identifikovat. Jedna z použitelných metod, která je možná použít, je systematické měření mikrotvrdosti v zóně PPD a ve třísce. Vyhodnocení se zakládá na vazbě mezi mikrotvrdosti plasticky deformovaného materiálu a jeho mezí tečení ve zpevněném stavu.

2.3.3 Fázové změny

[8]

K fázovým změnám dochází především díky vysokým teplotám, které v oblasti PPD prochází materiál obrobku při jeho přeměně na třísku. Tato transformace je možná především u železa α na železo γ , popřípadě obráceně. Každé z nich má jinou strukturu, krystalickou stavbu a chemické složení. Strukturu můžeme pozorovat pod optickým nebo elektronovým mikroskopem. Pro studování atomové stavby můžeme použít RTG difrakce a chemické složení se stanoví s vysokou přesností pomocí speciálních mikroanalýzátorů.

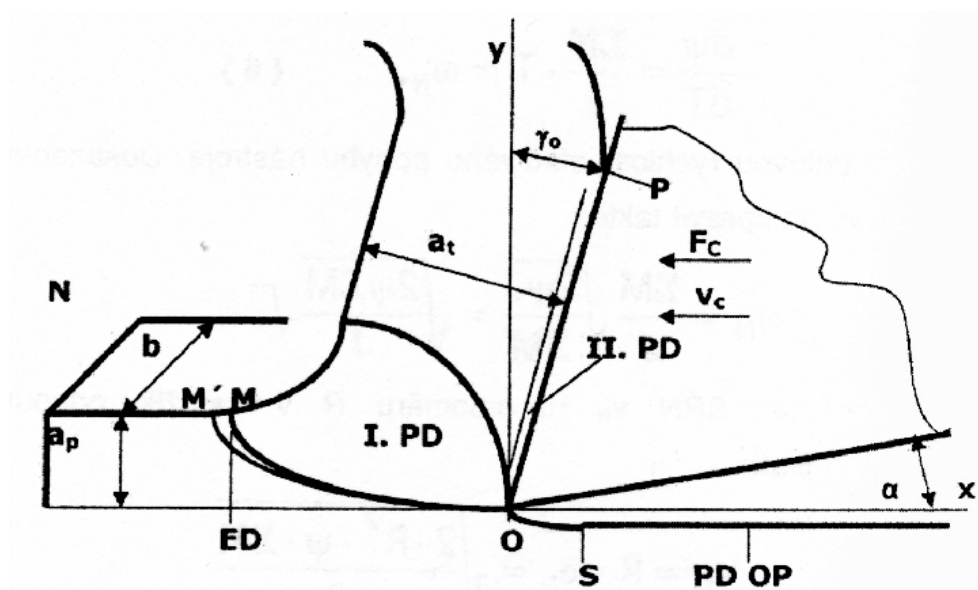
2.7 TEORETICKO-ANALYTICKÝ VÝZKUM TT

2.7.1 Oblasti PD v kořeni třísky

[8]

Z obr.6 vyplývá, že tvorba třísky je složitý mechanicko-fyzikální děj, který je ovlivněn mnoha různými činiteli. Na prvním místě to jsou fyzikální vlastnosti obráběného materiálu a z nich závislost na PD.

Vstupuje-li klínový břit do materiálu, který je vtlačován silou F_c , vzniká před čelem nejdříve plastická deformace. To znamená, že pokud v tomto okamžiku přestane působit řezná síla, materiál by se vrátil do původního stavu.



Obr. II.7. Oblasti pružných a plastických deformací

obr.6

Význam symbolů:

- a_p - záběr (hloubka záběru)
- a_t - tloušťka třísky
- b - šířka záběru
- ED - oblast pružných (elastických) deformací
- I.PD - oblast primární plastické deformace (PPD)

II.PD -	oblast sekundární plastické deformace (SPD)
PD OP -	oblast PD obrobeného povrchu (dříve oblast II. PD)
M'O -	počátek ED
MO -	počátek I. PD (též PPD)
NO -	konečná hranice I.PD
MN -	vnější hranice I.PD
OP -	oblast kontaktu třísky s čelem nástroje (SPD)
OS -	oblast kontaktu obráběné plochy s hřbetem nástroje (PDOP)

2.7.2 Druhy třísek

[8]

Třísky se dělí na 2 druhy : tvářená, netvářená

1. **Tvářená** – vzniká vlivem zatížení odřezávané vrstvy, spojené s PD
→ tváření → odštížení → převládající tangenciální napětí.
2. **Netvářená** – se oddělí křehkým lomem (bez PD) → odštížením → převládá tahové napětí.

Tvářené třísky rozdělujeme do několika poddruhů :

- 1.1. – elementární
- 1.2. – článkovitá
- 1.3. – plynulá

Netvářené třísky nemají žádné poddruhy.

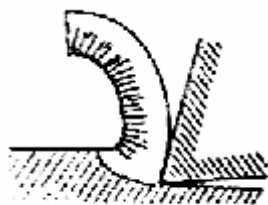
Všechny druhy třísek a podstatu jejich vzniku lze představit v grafu na obr. 7

V grafu jsou znázorněny závislosti normálových (σ) a tečných (τ) napětí. V grafu jsou vyznačeny tyto meze :

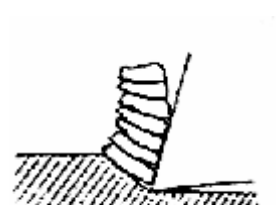
Mez pevnosti ve smyku	$R_p = \tau_m$
Mez kluzu ve smyku	$R_e = \tau_e$
Mez pevnosti v tahu	R_m

Graf funkce $\tau = f(\sigma)$ jde popsat následujícími způsoby pro tyto druhy třísek:

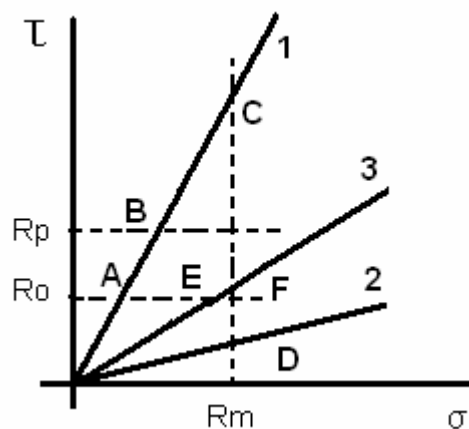
1. **tvářenou** – viz. přímka 1: při zatěžování břitem ŘN lze zaznamenat rovnoměrné a strmé narůstání jak smykových tak normálových napětí. Po překročení meze kluzu ve smyku se začnou objevovat PD v bodě A. Ty narůstají až na mez pevnosti ve smyku do bodu B a dojde k porušení materiálu, nebo-li oddělení třísky (bylo dosažené konečné hranice PPD). Při dalším postupu břitu do materiálu se teprve v bodě C dosáhne meze pevnosti v tahu a tříska se definitivně oddělila. Tento popis byl na **třísku plynulou** (obr. 7).
2. **netvářenou** – viz přímka 2: Při použití výkladu, jako u přímky č.1 se však nejdříve dosáhne bodu D na mez pevnosti tahu a část třísky je odlomena ze základního materiálu dříve než v oblasti došlo k PD a vznikla tedy tříska netvářená. Tříska vzniká nejčastěji při obrábění materiálu s malou pevností v tahu a křehkých materiálů.
3. **částečně tvářená tříska** – elementární a článkovitá – vznikají mezi krajními polohami. Po přímce č.3 se postupuje k bodu E a za nimi začne PD, která je přerušena dosažením meze pevnosti v tahu v bodě F a tato tříska je vytvořena z materiálu obrobku, byla tedy částečně tvářena a tento průběh je typický pro elementární třísku.



Plynulá tříska



Odlamovaná tříska



obr.7



2.8 VÝPOČTOVÉ MODELÝ S JEDNOU STŘIŽNOU ROVINOU

2.8.1 Určení úhlu střížné roviny z minima relativního posunutí γ

Řešení podle Piispanena

[8]

Polohu střížné roviny a intenzitu PD lze hodnotit podle velikosti jejich sklonu k rovině dráhy $\check{R}N$, nebo vektoru řezné rychlosti a vyjádřit ji úhlem střížné roviny φ . Pro smykovou deformaci je charakteristickou veličinou zkos γ . Tento zkos je úměrný smykovému napětí.

Předpoklady řešení:

- Nástroj – břit je ideálně ostrý
- Ortogonální obrábění → rovinná napjatost
- Napětí ve střižné rovině je rozloženo rovnoměrně
- Tríska se vytváří vrstvením elementů

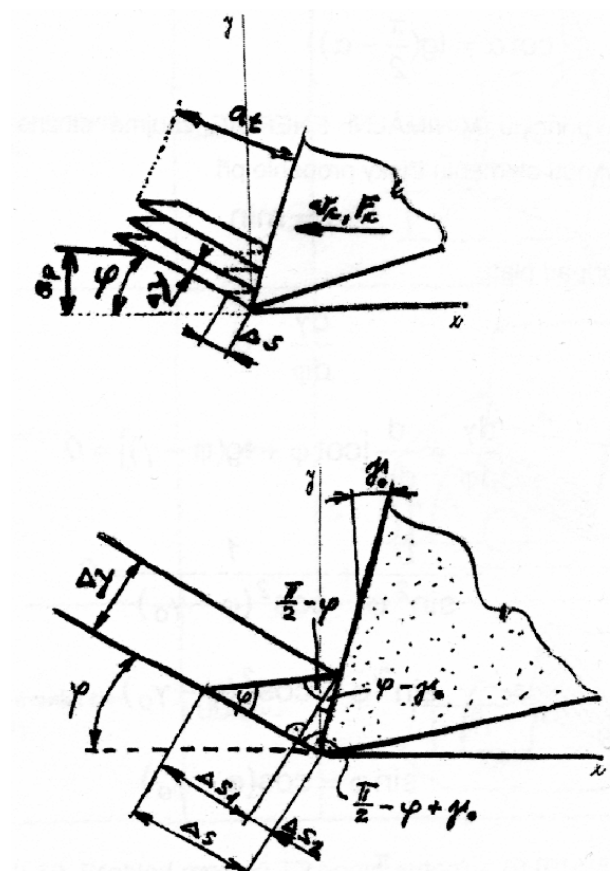
Při principu minimální energie zaujme strižná rovina plochu, aby usmýknutí elementu třísky proběhlo při

$$\gamma = \min$$

Úhel strážné roviny je závislý pouze na úhlu čela. Pak by pro $\gamma_0 = 0$

bylo $\varphi = \pi / 4$, z toho vyplývá $a_t = a_p$.

Je zřejmé, že polohu střížné roviny ovlivňuje další činitel, zejména tření na čele nástroje. Proto tento přístup nemůže platit.



obr.8

2.8.2 Stanovené úhlu střižné roviny z minima hlavní složky řezné síly F_c .

Řešení podle Merchanta

[8]

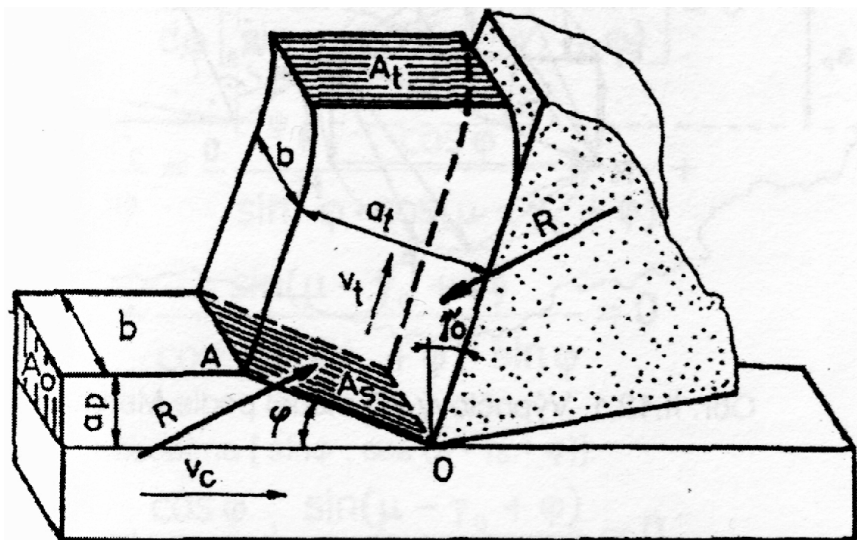
Předpoklady řešení:

- Nástroj – břit je ostrý a bez nárůstku
- Neuvažuje se tření na hřbetě
- Deformace je rovinná, neuvažuje se boční tření
- Napětí je rovnoměrně rozloženo ve střižné rovině
- Výsledná síla působí ze střižné roviny do třísky a její nositelka prochází středem střižné roviny a středem plochy styku čela nástroje s třískou

OPĚT PLATÍ PRINCIP MINIMA ENERGIE

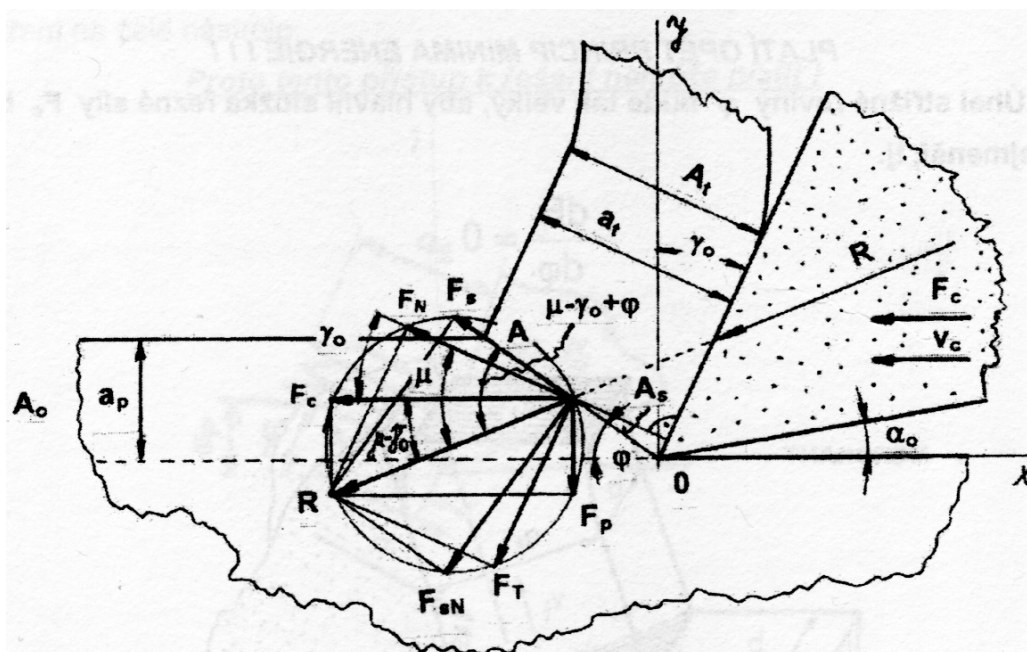
Úhel střižné roviny φ bude tak velký, aby hlavní složka řezné síly F_c byla co nejmenší, tj.

$$\frac{dF_c}{d\varphi} = 0$$



Obr. 9

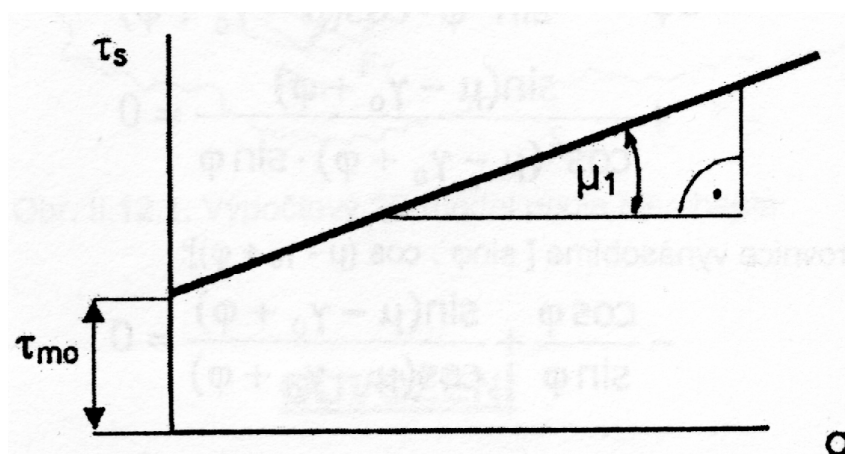
Fc-	hlavní složka řezné síly
Fp-	přísunová složka řezné síly
Ft-	třecí síla na čele nástroje
Fn-	normálová složka na ploše styku třísky s čelem ŘN
Fs-	smyková síla ve střížné rovině
R-	výsledná řezná síla
Ao-	průřez řezu
At-	průřez odcházející třísky
As-	průřez plochy střížné roviny
v_c -	řezná rychlost
v_t -	rychlost odchodu třísky
φ -	ortogonální úhel čela
α_o -	ortogonální úhel břitů
μ -	třecí úhel
φ -	úhel střížné roviny
τ -	smykové napětí ve střížné rovině
ω -	úhel mezi vektorem Fc a vektorem výsledným $R \rightarrow \omega = \mu - \varphi$



29

Výpočet podle Merchanta zahrnuje vnější tření, tj. tření mezi čelem $\bar{R}N$ a třískou. Nebere v úvahu tzv. vnitřní tření v materiálu μ_1 , což je úhel, který vyjadřuje tření mezi jednotlivými zrny struktury materiálu.

Během výpočtu budeme předpokládat, že s rostoucím normálovým napětím poroste i napětí smykové. Napjatost je v různých bodech různá a úhel μ_1 zachycuje vztah, kdy vznikne v materiálu rovinná napjatost normálová i smyková. Tuto závislost můžeme vyjádřit graficky viz. obr. 10 .



obr.11

2.9 Řešení problémů s utvářením třísky

[9]

Lámání třísky v průběhu soustružení je často složitým problémem, který dělá vrásky na čele zaměstnancům v mnoha provozech. Pracovní prostor stroje přeplněný dlouhými nepoddajnými třískami, časté odstávky strojů, problémy s odvodem třísek, polámané nástroje a dopravníky, nemožnost vejít se do nákladů kvůli ztrátě času - to je neúplný výčet závažných problémů, které vznikají z důvodu špatného utváření třísek.

Problémem je, že materiály, které jsou náchylné k tomuto jevu, jsou na českém trhu zastoupeny v největší míře. Jedná se např. o oceli tříd ČSN11xxx, 12xxx, nerezové, Inconel 718, Inconel 635 a jiné vysoce

legované oceli, ale rovněž o hliník s nízkým obsahem přísad. Jelikož materiál obrobků je dán předpisem na výkrese, většina firem si klade stejnou otázku: „Jak na to?“

2.9.1 Soustružení povrchu

[5]

Hrubování povrchu - operace z hlediska lámání třísky zdánlivě poměrně snadná, situace se však rapidně zhoršuje zmenšením hloubky třísky a posuvu. Pro tyto případy se firmy působící v oblasti obrábění snaží vyvinout speciální utvářeče, které by dokázaly "ulomit" třísku i při nízkých posuvech a malých hloubkách řezu. Velmi úspěšné jsou např. utvářeče s označením XP, XQ, XS od firmy Kyocera a nyní naprostá novinka, která využívá vysokotlaké chlazení Jetstream Tooling (na českém trhu zastoupené firmou Seco). Tyto utvářeče ve většině případů umožní vyřešit problém s utvářením a následným "ulomením" třísky.

V čem spočívá funkce těchto lamačů? Základní rozdíl je v tom, že utvářeče firmy Kyocera zatáčí třísku dvěma směry současně, což je odlišuje od mnoha jiných. Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím utváření je řezná rychlost, která by měla být co nejvyšší, aby při obrábění docházelo k efektu jakéhosi "odstřelu" krátkých kusů třísky. Cílem je produkovat co nejkratší třísky. Podobný efekt jako výše zmíněné utvářeče přináší převážná většina utvářečů Kyocera, např. CQ, GP, HQ, avšak rovněž utvářeče Wiper (označení WP pro dokončování a WQ pro střední obrábění) a Jetstream Tooling. Utvářeče Wiper umožňují dosáhnout stejné drsnosti povrchu při dvojnásobném posuvu. Současně však byly i tyto utvářeče vyvinuty tak, aby tvořily co nejkompaktnější třísku, která se snadno láme a nepřekáží v místě řezu.

Značené problémy s utvářením třísek se velice často vyskytují při soustružení různých profilů (např. kulové tvary apod.). Hlavní příčinou je malá hloubka třísky a malý posuv. Vhodným řešením může být nový

utvářeč označený VF od firmy Kyocera v kombinaci s VBD tvaru VNMG, který je jako stvořený pro snadné "ulamování" třísek. Tento utvářeč s velkým rozsahem možností si snadno poradí i s hlubokými zápichy tvaru V .


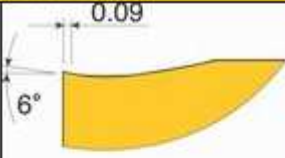
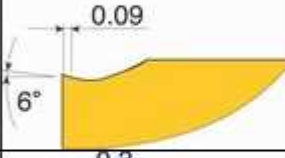

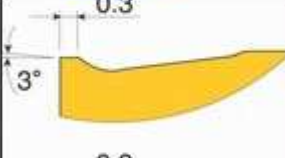

Další převratnou novinkou od firmy Kyocera jsou nové VBD s utvářečem a připájeným plátkem z kubického nitridu boru (CBN). Tyto VBD jsou standardně vyráběny s třemi typy utvářečů označenými BB1 (dokončování), BB2 (lehké obrábění), BB3 (střední obrábění). Pojmy dokončování, lehké obrábění, střední obrábění je však v tomto případě nutno brát s velkou rezervou, jelikož se hovoří o obrábění kalených materiálů s tvrdostí okolo 60 HRc.

Naprostou novinkou při tvorbě třísky je systém vysokotlakého chlazení Jetstream Tooling, který je podrobněji popsán v další části diplomové práce.

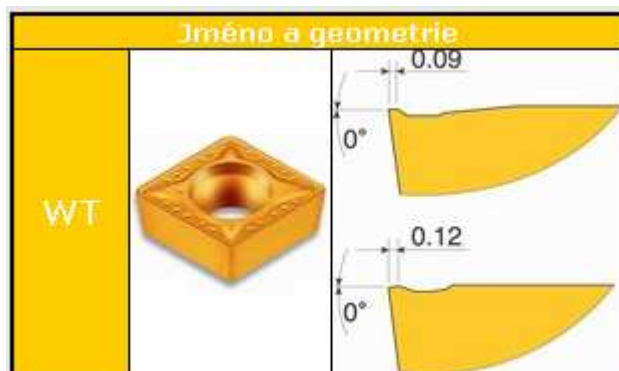
Utvářeče třísek na břitových destičkách od firmy Winter Servis:

[3]

Negativní úhel čela: Novinka

Jméno a geometrie		
WS		
		
WT		
		

Pozitivní úhel čela: Novinka



Lamač třísky od firmy SECO Tools na břitové destičce **TP2500**



3. NÁVRH PROGRESIVNÍ METODY TVAROVÁNÍ TŘÍSKY PRO KONKRÉTNÍ VÝROBU

3.1 Aktuální stav obrábění ve firmě Honeywell

Obrábění se provádí na strojích SPV 40 CNC a SP 30 CNC od firmy CZ.TECH. Nástroj bez použití vysokotlakého chlazení Jetstream je uveden na obr.12.



obr.12

Při konvenčním soustružení je nastavení chlazení (směrování i množství) prováděno zpravidla ručně. Směr proudu chladicí kapaliny není vždy přesný, v průběhu operace se neřídka mění a musí se při výměně součásti znovu seřizovat. Často tak chlazení neplní zcela svoji funkci. Výrobce chladicích prostředků odhaduje, že po uplynutí asi 40% doby obrábění není místo oddělování třísek správně chlazeno. Přesné směrování chladicí kapaliny umožní její přívod kanálky v nožovém držáku. Takto je zajištěno přesné chlazení břitových destiček ze slinutých karbidů, které jsou u nových soustružnických systémů optimalizovány pro vysokotlaké chlazení. V průběhu obrábění není třeba upravovat seřízení, což je významné zejména pro automatizované bezobslužné výrobní systémy.

Při soustružení se používá záplavová metoda chlazení. U této metody vznikají dlouhé třísky, které mají nežádoucí vliv při obrábění. Mohou zapříčinit ulomení nástroje nebo poškození obrobku. Tříska, která vzniká při soustružení se záplavovým chlazením je uvedena na obr.13 a obr.14.



obr.13



obr.14

3.2 Navrhovaný stav obrábění ve firmě Honeywell

JETSTREAM TOOLING

[7]

Tento způsob chlazení se provádí taktéž na strojích SPV 40 a SPV 60 od firmy CZ.TECH. Do kterých se musely zabudovat vysokotlaká čerpadla, viz. obr. 15 a držáky nástroje Jetstream. V dnešní době jsou, na přání zákazníka, tyto vysokotlaká čerpadla součástí CNC strojů.



obr.15

Společnost Seco reagovala na potřeby leteckého průmyslu a pro zlepšení obrábění vysokolegovaných slitin vyvinula systém chlazení **Jetstream tooling** obr.16 – je to řešení neustálého problému, přívodu chladicí kapaliny přesně do místa řezu.



obr.16

Vysokotlaký paprsek chladicí kapaliny směřuje přímo do místa řezu vysokou rychlostí. Tento proud zvedá třísku z čela nástroje, zlepšuje utváření třísky, prodlužuje trvanlivost nástroje a umožňuje zvýšit řezné podmínky a to nejen při obrábění v leteckém průmyslu. Systém vysokotlakého chlazení prokázal svou užitečnost téměř pro všechny materiálové skupiny a velké rozmezí tlaků chladicí kapaliny.

Odvod tepla z místa řezu

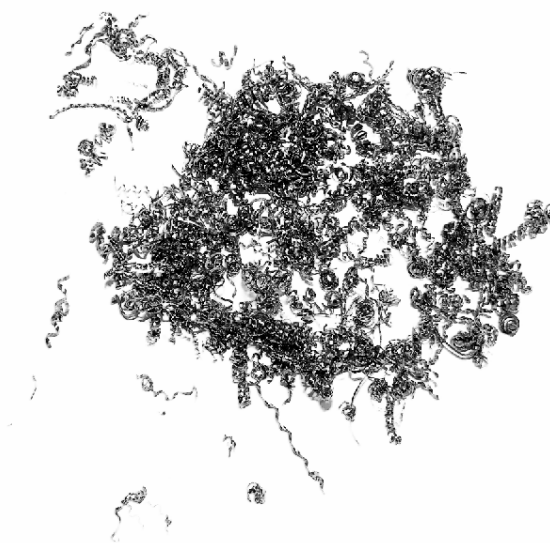
[7]

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro řezný nástroj je efektivní odvod tepla z oblasti řezu. Výhody použití chladicí kapaliny pro odvod tepla jsou známy. Doposud se daná oblast pouze zaplavovala chladicí kapalinou. Proto aby byla chladicí kapalina doopravdy efektivní, musí teplo z řezné zóny odvádět rychle usměrněný proud kapaliny, přiváděný přímo do požadovaného místa. Z tohoto hlediska je mnohem účinnější.

Aby břitové destičky plnily dobře svoji funkci, musí jejich teplota, ale i teplota obrobku, dosáhnout určité úrovně. Hodně vysoká teplota zkracuje trvanlivost nástroje, zatímco nízká teplota má za následek

špatné utváření třísky. Při tvorbě třísky je třeba odvést teplo, které je v třísce obsaženo. Pokud se obsažené teplo nepodaří odvést, je tříska kujná a ohebná, neláme se, zatáčí se do sebe a působí problémy obsluze.

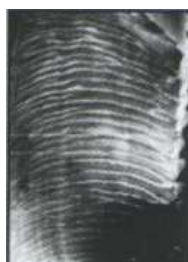
Systém vysokotlakého chlazení je natolik účinný, že se tříska rychle ochladí, takže tvrdne a je mnohem křehčí. Výsledná tříska se jednoduše láme a odstraňuje z oblasti řezu obr.17.



obr.17



Při záplavovém chlazení dochází v třísce k trhlinám, které se zmenšují a dělí směrem do hloubky. To způsobí kroucení třísky a ne její lámání.



Při vysokotlakém chlazení jsou trhliny po celé hloubce dlouhé, hladké a rovnoměrné. Spolu se snížením teploty tyto trhliny způsobují snadné lámání třísky.

Tlak kapaliny v místě řezu

Chladicí kapalina tryská vysokou rychlostí z trysek umístěných na nástrojovém držáku Jetstream Tooling, což nám pomáhá rozdělit teď už křehkou třísku na ještě menší, snadno odstranitelné kusy a snížit riziko při odvodu třísky. Tlak kapaliny pomáhá rychle vytlačovat třísky a drobné nečistoty z oblasti řezu bez poškození drahých součástí nástrojů.

Kvalitní chlazení a mazání

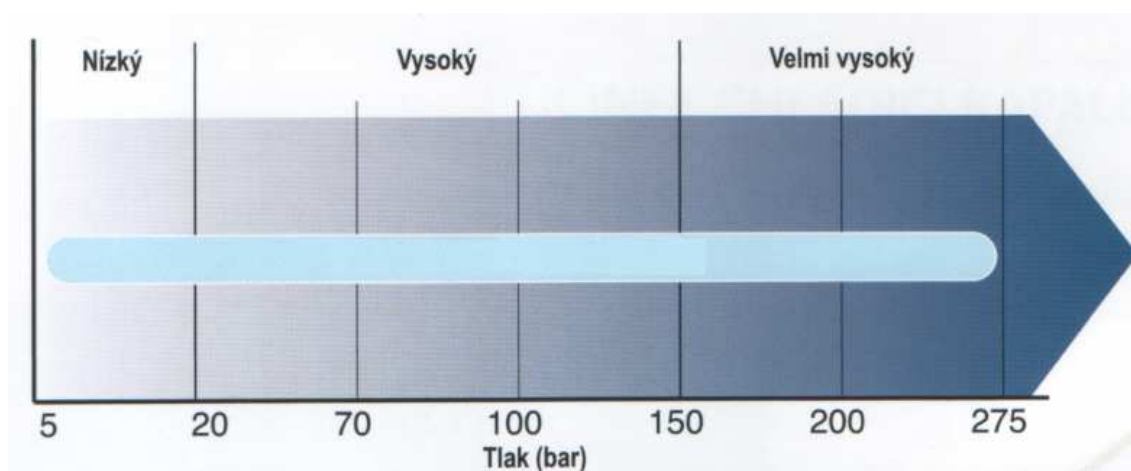
V technologiích obráběcích nástrojů je kladen důraz na zkracování procesu obrábění v sekundách, systém vysokotlakých chlazení umožní, aby spousta složitých operací byla zkrácena o minuty možná i hodiny.

Kapalina pod vysokým tlakem přiváděná malou tryskou vytváří úzký proud o vysoké rychlosti, který proniká do oblasti tření mezi břitkem nástroje a obrobkem. Zajišťuje tak dostatečné mazání, chlazení a utváření třísky za pomoci utvářečů přímo na břitových destičkách.

Vliv vysokého tlaku kapaliny

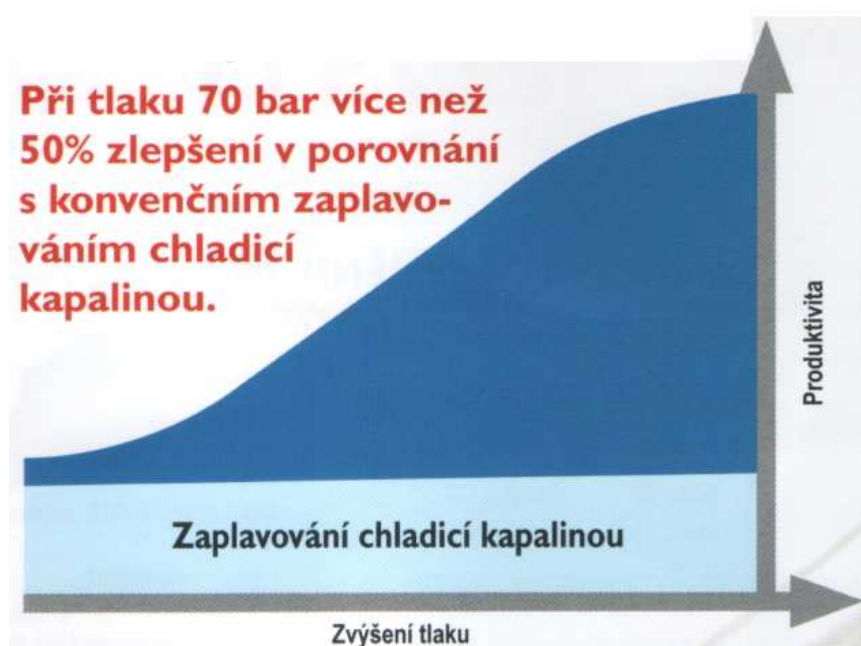
Jaký tlak kapaliny potřebujeme, aby bylo vysokotlaké chlazení opravdu výhodné?

Zlepšení při obrábění bylo prokázáno už při nízkém tlaku chladicí kapaliny, kolem 5 baru. Velké výhody se projevují teprve při zvýšení tlaku na vysoké až velmi vysoké hodnoty viz. obr.18.



obr.18 [7]

Lepších řezných podmínek, utváření třísky, kvality obrobené plochy a trvanlivosti nástroje bylo dosaženo při obrábění spousty materiálů včetně titanu, Nimonicu C263, Inconelu 718, slitin hliníku, nerezových ocelí a dalších slitinových ocelí.



Používané řezné destičky

[7]

K tomuto vysokotlakému chlazení se dokonale hodí destičky s povlakem PVD.



Destičky s povlakem PVD, například dva nové materiály TS2000 a TS2500, mají vynikající houževnatost a ostrost řezné hrany, také odolnost proti opotřebení. Tyto vlastnosti poskytují dobré podmínky při středním a jemném dokončování. Zvláště u nerezových a vysoce legovaných ocelí. Materiály od firmy Seco s povlakem PVD se dokonale hodí k vysokotlakému chlazení.

Povlaky PVD (fyzikální napařování) a CVD (chemické napařování) si vedly řadu let velmi dobře a svou budoucnost mají ještě v mnoha aplikacích. Společnost SECO se zaměřila na vývoj nového postupu, aby mohla zákazníkům nabídnout rozšíření možností, zejména při soustružení ocelí.

Přizpůsobení vysokotlakého chlazení

[7]

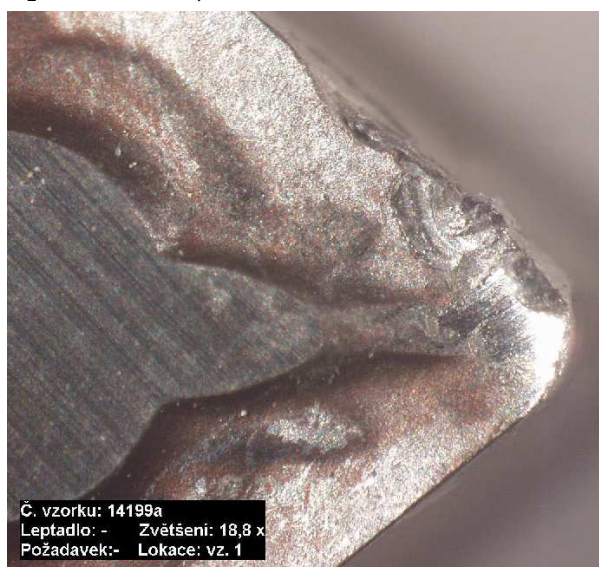
Jelikož standardní řada systému Jetstream Tooling vychází z nástrojových držáků ISO, je tento systém možné nainstalovat a používat na spoustě CNC strojích. Jediným požadavkem je přívod chladicí kapaliny pod vysokým tlakem.

Chladicí kapalina se může do nástroje přivádět externě, hadicí do jedné ze dvou poloh na boku nebo na spodní straně nástroje, nebo interně v případě držáků Seco – Capto.

K dispozici jsou různé délky hadic, které umožňují přívod chladicí kapaliny téměř do jakékoli pozice na otočné hlavě nebo nožovém držáku. Díky takto snadnému připojení je systém Jetstream Tooling velice přizpůsobivý. Proto se mohou zlepšit všechny výrobní operace.

4. DISKUSE EXPERIMENTÁLNÍCH PRACÍ

Při obrábění pomocí záplavového chlazení se břitová destička dříve otupí než u vysokotlakého chlazení, jak lze vidět na obr.19. (Další příklad je uveden v příloze č. 2).



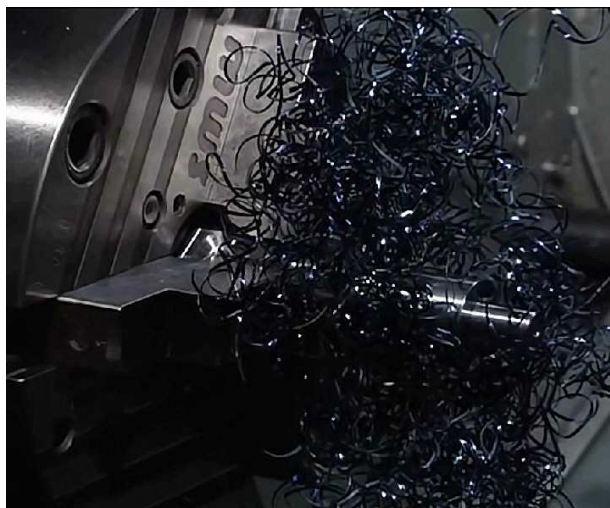
obr.19

Upnutí břitové destičky v držáku CAPTO od firmy SECO bez použití vysokotlakého chlazení obr. 20.



obr.20

Při tomto obrábění vzniká poměrně dlouhá tříska, která se namotává kolem nástroje a obrobku obr.21, tato tříska neumožňuje dostupnost chladicí kapaliny do místa řezu a proto se břitová destička rychleji opotřebovává.



obr.21

Dlouhé třísky jsou nebezpečné z hlediska kolize – nástroj, tříska, obrobek, kdy se zamotá tříska na nástroj a do obrobku, tak způsobí například vyštípnutí břitové destičky nebo jiné závady na dílci, to má za následek poměrně značnou nejakost obrobku a ničení nástrojů, proto se dlouhým třískám snažíme vyhnout.

Při obrábění za pomoci vysokotlakého chlazení na CAPTO držáku obr.22.

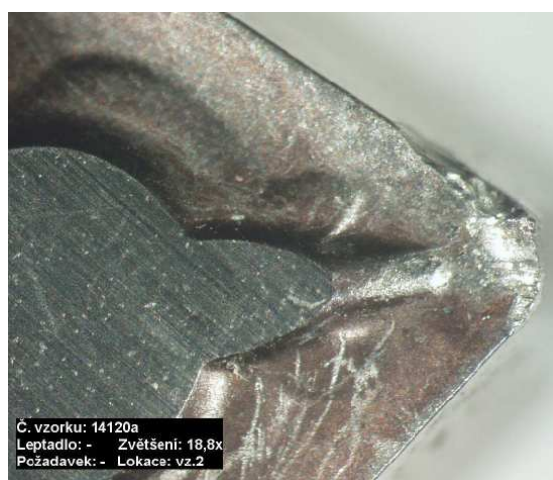


obr.22

Nevznikají dlouhé třísky. Takto upravený nástroj zabezpečuje klidné obrábění a dovede chladicí kapalinu přímo do místa řezu. Ochlazuje a oddělová třísku z místa dotyku na čele nástroje. Tím se

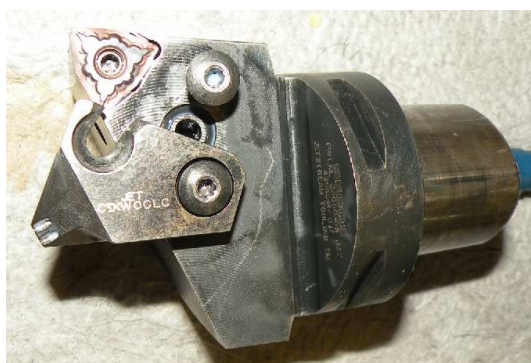
nástroj méně zahřívá a opotřebovává. Zavedení vysokotlakého chlazení mnohonásobně zamezilo nejakosti zapříčiněnou třískou v místě řezu a to až o 90%, tyto informace byly získány od společnosti Honeywell Aerospace Olomouc, kde zatím testují tento systém chlazení.

Opotřebení břitové destičky za použití vysokotlakého chlazení je uvedeno na obr.23. (a v příloze č.3). U těchto obrázků je patrné, že při tomto druhu chlazení se mnohem méně opotřebovává čelo a hlavně hřbet nástroje. Je to velice zřetelný rozdíl.

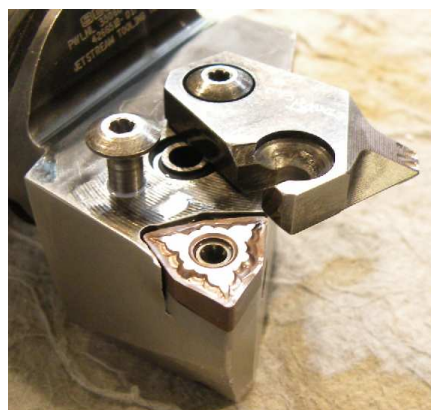


obr.23

Menší nevýhodou tohoto systému je výměna břitových destiček, ale je téměř zanedbatelná, pohybuje se v řádu sekund. Výměna břitové destičky obr.24a a obr.24b.



obr.24a



obr.24b

Vysokotlaké chlazení se nedá použít u některých tenkostěnných dílců vyráběných v Honeywell Aerospace Olomouc. Vysoký, velmi vysoký tlak chladicí kapaliny je schopen tyto tenkostěnné dílce deformovat, proto se více používá při hrubovacích operacích. Povrch po hrubování je velice kvalitní.

5. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Pro srovnání tvorby třísky při záplavové metodě a metodě vysokotlakého chlazení při soustružení, jsem využil poznatků získaných z praxe.

V praxi záleží především na rychlosti obrábění, třískovém hospodářství a především na počtu správně vyrobených dílců, které jsou velice drahé. Při použití vysokotlakého chlazení se nejakost snížila o 90%, tento údaj zveřejnila firma, která tento systém zavádí do výroby. Snížila se díky lámání třísek, odvádění třísek z místa obrábění a chlazení přímo v místě řezu. Hospodárnost třísek se podle údajů dodaných firmou snížila o 50%, než u záplavového chlazení, to má za následek nižší náklady na odvoz třísek, neboť krátké, polámané třísky zaberou méně prostoru v kontejneru. Takto krátké třísky se mnohem lépe dostávají ze strojů. Nezachytávají se a neucpávají dopravní pásy. Při vyprazdňování kontejneru s dlouhými třískami hrozí nebezpečí úrazu pořezáním. Do kontejneru, kde jsou krátké třísky vleze mnohem větší objem odpadu než z třísek dlouhých. To má za následek šetření na odvozu odpadu. Lépe se vyprazdňují kontejnery s krátkými třískami.

Při obrábění žárupevných a vysoce legovaných materiálů se špatnou lámavostí třísek, například INCONEL 625, s vysokotlakým chlazením se životnost nástroje v řezu prodloužila o 13% - údaj poskytnutý firmou Honeywell Aerospace Olomouc. Těchto 13% zaznamenali v přímém provozu na ostrých kusech. Rozdíl je v přívodu chladící kapaliny. Kapalina směřuje přímo do místa řezu, u záplavového chlazení je přiváděna spousta chladící kapaliny na nástroj i na obrobek, ale dlouhá tříska po čase znemožní přívod této kapaliny do místa kde je tříska oddělována od materiálu. Proto vzniká velké tření na čele nástroje a zahřívání nástroje, to má za následek otupení a tvoření nárůstku na čele nástroje.

Při vysokotlakém chlazení je chladicí kapalina vystřikována dvěma chladicími kanály, které jsou umístěny na nástroji, přímo do místa řezu. Tlak kapaliny je v rozmezí 15 až 150 barů. Tento tlak oddělová odebraný materiál z čela nástroje a za pomoci lamačů třísek na břitové destičce láme třísku. Odvádí teplo z třísky i vnášené teplo do nástroje. Za těchto podmínek nevzniká tření na čele a tak se zamezuje tvorbě nárůstku. Protože je tlak velmi vysoký, nemohou se soustružit dílce s tenkých plechů, neboť tento tlak tenkostěnné dílce značně deformuje - údaj poskytnutý firmou Honeywell Aerospace Olomouc.

Při používání vysokotlakého chlazení je kvalita obrobené plochy lepší než při záplavovém chlazení, neboť kapalina zlepšuje řezání. Zaznamenaný nárůst řezné rychlosti byl v rozmezí 5 – 10 %. Tyto čísla mohou být skreslující, protože se testovalo na tzv. “ostrých“ kusech a řezná rychlost se nemohla zkoušet navyšovat, aby nevznikl neshodný dílec. V průběhu času se tento systém vysokotlakého chlazení bude testovat při zavádění nových dílců.

Shrnutí:

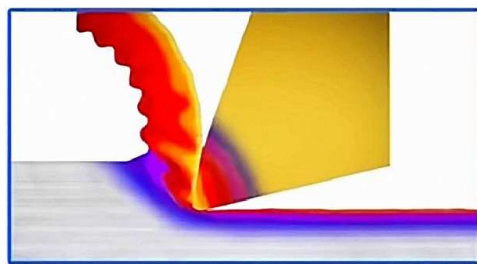
Výhody vysokotlakého chlazení:

- Snížení třískového hospodářství o 50% - zahrnuje odvoz třísek, úspora místa – krátké třísky zabírají méně místa.
- Snížení nejakosti až o 90% - tento údaj poskytla firma Honeywell Aerospace Olomouc přímo z praxe. Snížení nejakosti zajistilo vysokotlaké chlazení tím, že dostatečně rychle a efektivně lámalo třísku, chladilo a odvádělo ji z místa řezu a nemohlo tak dojít ke kolizi mezi nástrojem, obrobkem a třískou.
- Jednodušší vyprazdňování kontejnerů z krátkými třískami - dlouhé třísky se mohou zamotat a někde zaseknout, při odstraňování může dojít k následnému úrazu pořezáním.

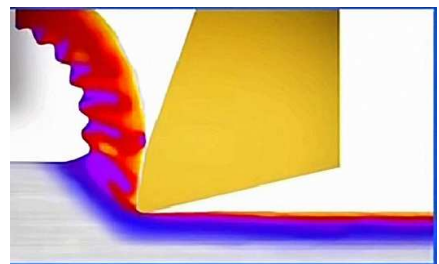


Krátké třísky

- Životnost nástroje v řezu se prodloužila o 13% - údaj získaný z praxe od firmy Honeywell Aerospace Olomouc, tato životnost se prokázala jen u konkrétního dílce na konkrétním stroji za určitých podmínek.
- Účinnější lámání třísky - díky vysokotlakému chlazení se tříska rychle ochladí, tím zkřehne a lépe se láme za pomoci lamačů třísek na břitové destičce.
- Chlazení přímo v místě řezu – u vysokotlakého chlazení jdou paprsky kapaliny přímo k optimálnímu místu řezu naproti záplavové metodě, tím se efektivněji odvádí teplo jak z obrobku, třísky tak i nástroje.



Záplavové chlazení



Použití vysokotlakého chlazení

- Lepší kvalita obrobene plochy – této kvality dosáhneme kvalitním přísunem chladicí kapaliny do místa řezu.
- Nárůst řezné rychlosti o 5 – 10% - tento nárůst je zapříčiněn kvalitním odvodem tepla. Nevzniká tak nárůstek na čele nástroje a pomaleji se otupí.
- Návratnost finančních nákladů při pořízení systému Jetstream Tooling

Nevýhody vysokotlakého chlazení:

- Zvýšené náklady na pořízení vysokotlakého čerpadla a ventilů - údaj poskytnutý firmou Honeywell Aerospace Olomouc, kde tyto čerpadla a ventily neměly nainstalovány ve stroji. Dnes už výrobci strojů tyto čerpadla dodávají přímo ve stroji na žádost zákazníka.
- Deformování tenkostěnných dílců – vysoký tlak o síle 15 – 150 barů působí deformujícím účinkem na tenkostěnné dílce, proto je u nich ponechána záplavová metoda chlazení.
- Delší výměna řezných plátek – jelikož se tato výměna pohybuje v řádu sekund, dalo by se říci, že je téměř zanedbatelná.
- Vyšší pořizovací cena systému Jetstream tooling – pořízení vysokotlakého čerpadla, ventilů, nástrojových držáků, vysokotlakých hadic.

6. ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo srovnání záplavového a vysokotlakého chladicího systému z technicko – ekonomického hlediska a přednosti při využití vysokotlakého chlazení u tvorby třísky. Oba dva tyto typy se používají ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc, při výrobě leteckých dílců.

V teoretické části jsem zpracoval problematiku tvarování třísky a k tomu použitých nástrojů.

Zjištěné výsledky jsem mezi sebou porovnal a vyhodnotil jsem, že v praxi (ve společnosti Honeywell Aerospace Olomouc), je hlavním kritériem snížení nejakosti výrobků, snížení třískového hospodářství, samozřejmě při zachování nejvyšší kvality výroby. Při používání vysokotlakého chlazení klesne nejakost až o 90% z hlediska kolize třísky, obrobek, nástroj – tato informace byla poskytnuta ze společnosti Honeywell Aerospace Olomouc a třískové hospodářství se sníží o 50%, do třískového hospodářství se zahrnuje méně častější odvoz třísek z důvodu, že je dobře nalámaná a lépe se uskládňuje v přepravních kontejnerech. Dlouhé třísky jsou nebezpečné z hlediska úrazu a zničení nástroje a vyráběné součásti. Životnost nástroje v řezu se prodloužila o 13% a nárůst řezné rychlosti byl zaznamenán 5 - 10%. Je tedy výhodnější používat vysokotlaké chlazení oproti záplavovému. I když cena na pořízení tohoto chladicího systému je trochu vyšší, protože CNC stroje na kterých se obrábění provádí nemají vysokotlaká čerpadla a ventily které jsou potřeba. V dnešní době existují společnosti které tyto CNC stroje vybavují automaticky těmito čerpadly. Vysokotlaké chlazení má jednu vážnější vadu a tou je, že při takto vysokém tlaku deformuje tenkostěnné dílce které se vyrábí. U těchto tenkostěnných dílců zůstává záplavová metoda chlazením.

Součástí diplomové práce je i fotodokumentace zmíněných chladících systémů. Diplomová práce také obsahuje fotografie třísek pořízených při záplavovém chlazení a při vysokotlakém chlazení. Jsou zde uvedeny fotografie z laboratoří, kde se fotilo otupení břitové destičky u obou druhů chlazení. Dokumentace byla pořízena ve firmě Honeywell Aerospace Olomouc.

Seznam použité literatury:

- [1] Honeywell. [online]. [cit. 2009-04-22].
Dostupné z:
<<http://www.honeywell.com/sites/cz/>>
- [2] CZ.TECH. [online]. [cit. 2009-04-26].
Dostupné z:
<www.cztech.cz>
- [3] WINTER SERVIS. [online]. [cit. 2009-04-26].
Dostupné z:
<http://www.winter-servis.cz/index.php?page=taegutec/oi_utvarece_trisek>
- [4] SECO. [online]. [cit. 2009-04-26].
Dostupné z:
<<http://legacy.secotools.com/template/start.asp?id=23305>>
- [5] MM Průmyslové centrum. [online]. [cit. 2009-04-26].
Dostupné z:
< <http://www.mmspektrum.com/clanek/prvni-povlak-upraveny-na-atomove-urovni>>
- [6] MATERIÁLOVÝ A METALURGICKÝ VÝZKUM s.r.o. [online].
[cit. 2009-04-27].
Dostupné z:
< <http://www.metal2009.com/sbornik/Lists/Papers/031.pdf>>
- [7] SECO TOOLS. Fagersta. *Systém chlazení Jetstream Tooling*. 2008.
31s.

- [8] GAZDA, J. *Teorie obrábění. – Průvodce tvorbou třísky.*
1.vydání. Liberec: TU-Liberec, 2004. 112 s. ISBN 80-7083-789-6.
- [9] MM Průmyslové centrum. [online]. [cit. 2009-04-26].
Dostupné z:
< [http://www.mmspektrum.com/clanek/reseni-problemu-s-
utvarenim-trisky](http://www.mmspektrum.com/clanek/reseni-problemu-s-utvarenim-trisky)>

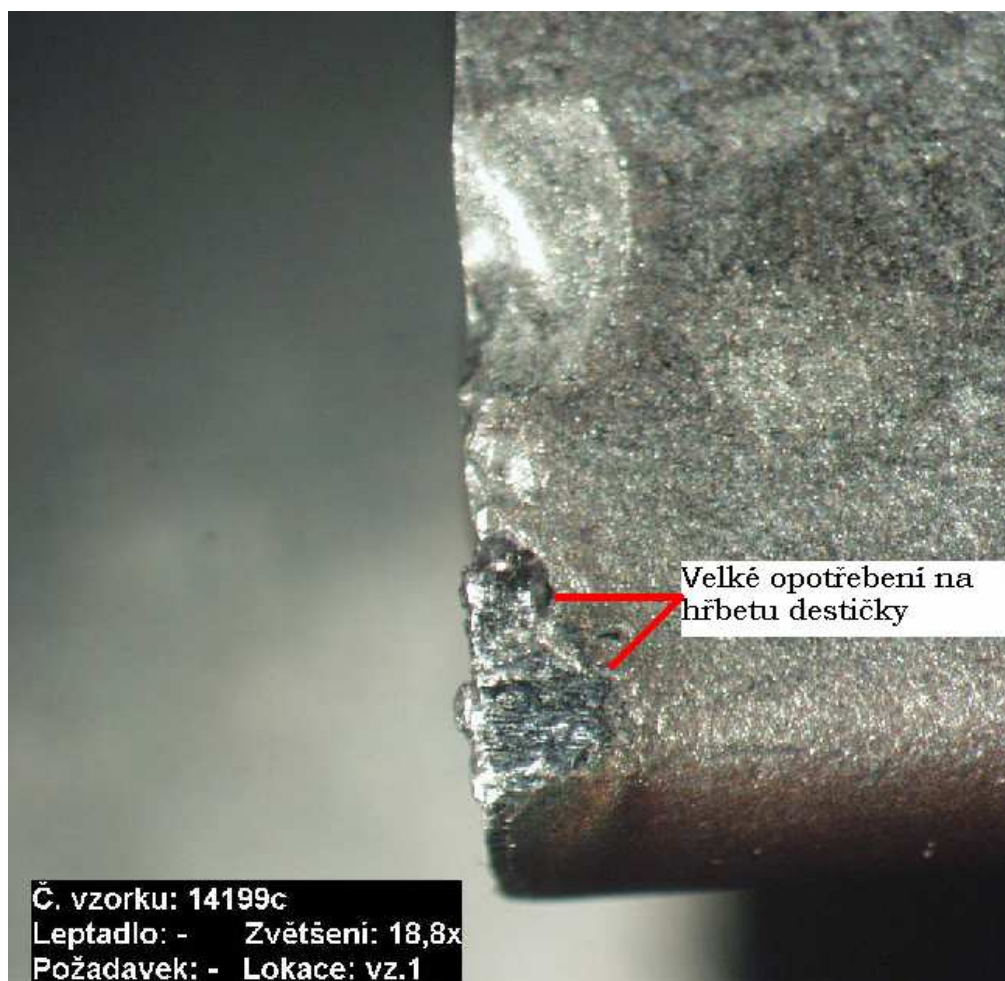
Seznam příloh

- | | | |
|---|-------------|--------|
| 1. obráběcí centrum SPV40 CNC od firmy CZ.TECH | příloha č.1 | str.57 |
| 2. opotřebení břitové destičky bez použití vysokotlakého chlazení | příloha č.2 | str.58 |
| 3. opotřebení břitové destičky s použitím vysokotlakého chlazení | příloha č.3 | str.59 |
| 4. montáž systému chlazení Jetstream Tooling | příloha č.4 | str.60 |
| 5. výměna břitové destičky | příloha č.5 | str.60 |
| 6. příklad obrábění - INCONEL 718 | příloha č.6 | str.61 |

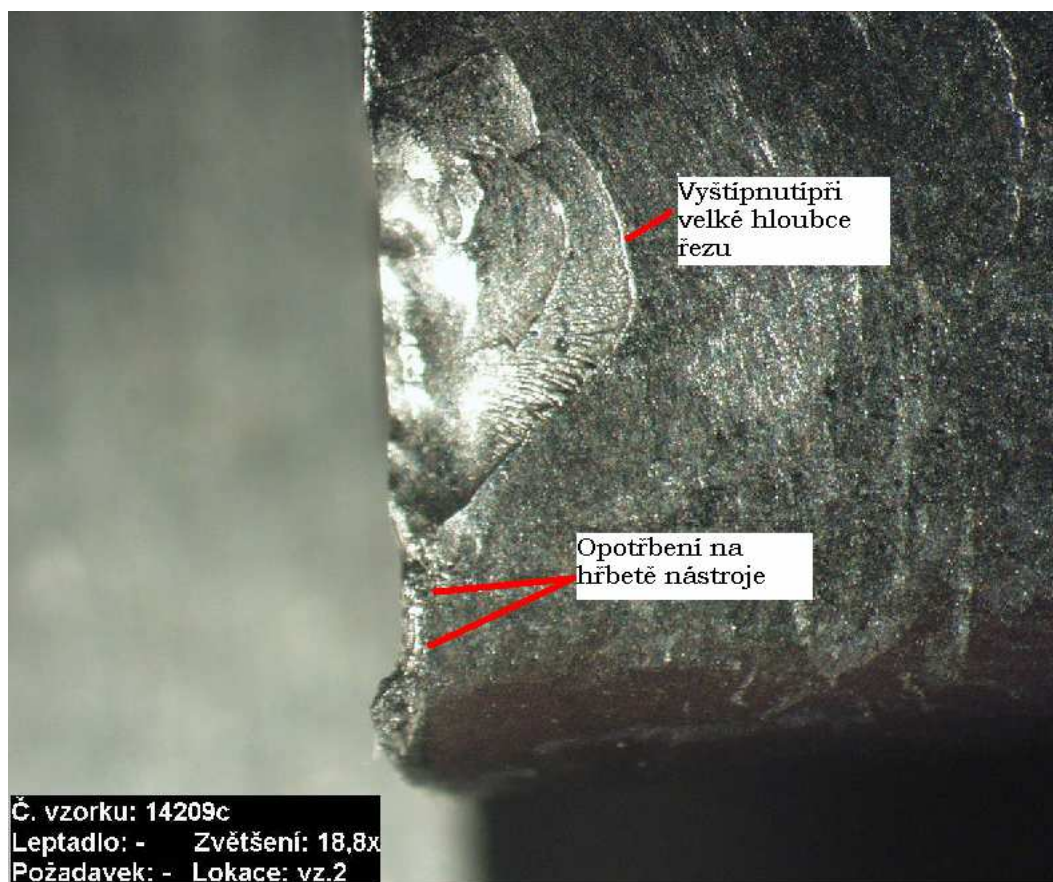
PŘÍLOHY



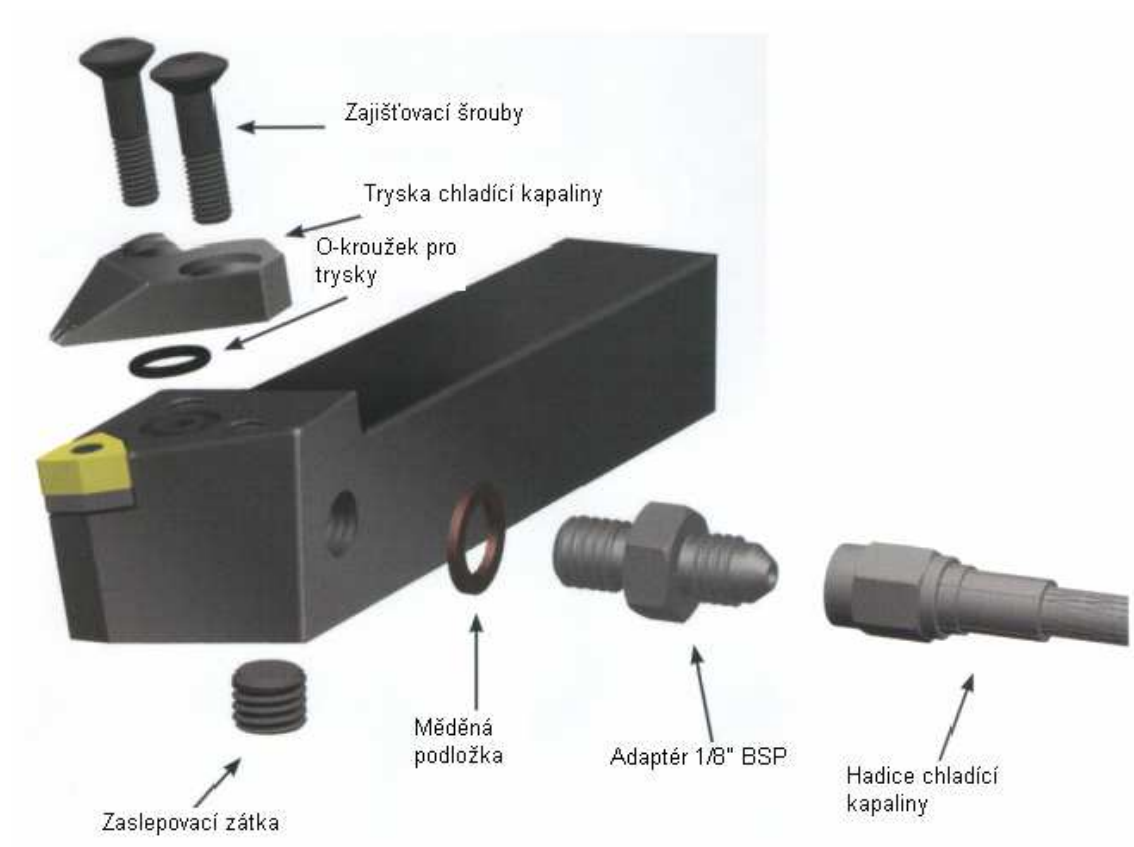
příloha č.1 – obráběcí centrum SPV40 CNC od firmy CZ.TECH



příloha č.2 – opotřebení břitové destičky bez použití vysokotlakého chlazení



příloha č.3 – opotřebení břitové destičky s použitím vysokotlakého chlazení



příloha č.4- montáž systému chlazení Jetstream Tooling



Povolte oba zajišťovací šrouby a otočením trysky pro přívod chladicí kapaliny uvolněte břitovou destičku. Standardním postupem otočte nebo vyměňte destičku, natočte trysku do původní polohy (zkontrolujte, zda je O-kroužek trysky ve správné poloze) a utáhněte oba zajišťovací šrouby.

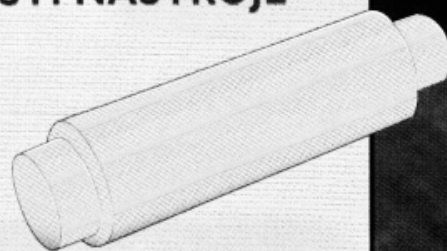
Maximální provozní tlak
 Seco-Capto – 70 bar (1 015 psi)
 Čtyřhranná stopka – 275 bar (3 990 psi)

příloha č.5 – výměna břitové destičky

PŘÍKLAD OBRÁBĚNÍ – INCONEL 718

73% PRODLOUŽENÍ TRVANLIVOSTI NÁSTROJE

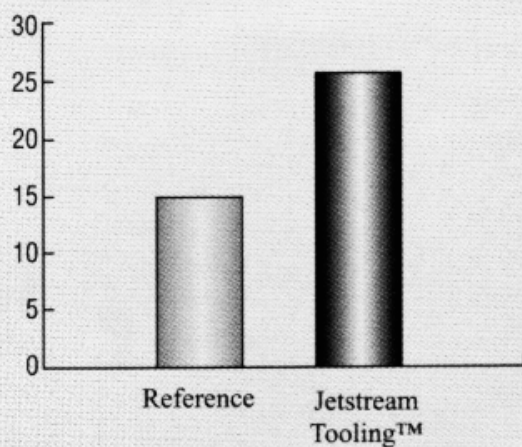
Součást: Hřídel
 Operace: Hrubovací soustružení
 Materiál: Inconel 718
 Břitová destička: SNMG120408-MR4, CP250



Reference	Jetstream Tooling™
Řezné podmínky: $v_c = 40 \text{ m/min}$ (131 sfm)	$v_c = 90 \text{ m/min}$ (295 sfm)
$f = 0,35 \text{ mm/ot}$ (0,014 inch)	$f = 0,35 \text{ mm/ot}$ (0,014 inch)
$a_p = 4,0 \text{ mm}$ (0,16 inch)	$a_p = 4,0 \text{ mm}$ (0,16 inch)

Výsledek: Zlepšené utváření třísky, prodloužená trvanlivost nástroje.

Trvanlivost nástroje
(min)



70 BAR
1015 PSI



VYSOCE
LEGOVANÉ
SLITINY

příloha č.6 – příklad obrábění - INCONEL 718